

УДК 574.24

М. Г. Малева, Е. И. Филимонова, Н. В. Лукина,
М. А. Глазырина, О. С. Синенко, Г. Г. Борисова

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
maria.maleva@urfu.ru

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗОЛОТВАЛА СПОСОБСТВУЕТ СНИЖЕНИЮ НАКОПЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И УЛУЧШЕНИЮ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ У ОРХИДЕИ *LISTERA OVATA*

Ключевые слова: тайник овальный, рекультивация, зольный субстрат, накопление металлов, фотосинтез, фотосинтетические пигменты.

Сокращение ареалов редких видов растений, включая представителей семейства Orchidaceae, влечет за собой уменьшение численности их популяций. Вместе с тем имеются данные о произрастании некоторых орхидных в антропогенной среде обитания: на обочинах шоссе и железнодородных насыпей, свалках бытового мусора, а также промышленных отвалах [1, 2]. Одним из таких видов является редкая для Свердловской области орхидея – *Listera ovata* (L.) R. Br. (тайник овальный), обнаруженная на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС (ВТГРЭС, Свердловская область, Россия) [3]. Это травянистый многолетник с коротким толстоватым корневищем, мезофит [4].

Адаптивные физиолого-биохимические реакции орхидей, способствующие колонизации техногенных субстратов с неблагоприятными свойствами, к настоящему времени практически не исследованы. Цель работы – оценка влияния рекультивационных мероприятий на накопление металлов, содержание фотосинтетических пигментов и интенсивность ассимиляции CO₂ у орхидеи *L. ovata*, произрастающей на золоотвале.

Отбор субстратов и растительного материала проводили на двух участках золоотвала ВТГРЭС в период цветения орхидеи (середина июля): нерекультивированном (НРУЗ) и частично рекультивированном (РУЗ). Содержание металлов в зольном субстрате, надземных (листья) и подземных (корневище и корни) органах орхидеи определяли при помощи атомно-абсорбционной спектрометрии на Varian AA240FS (США) после озоления 70% HNO₃. Для определения доступных форм металлов в почве, навески (по 2,5 г) предварительно экстрагировали в 50 мл 0,4 мМ растворе Na-ЭДТА. Скорость ассимиляции CO₂ измеряли на портативном инфракрасном газовом анализаторе LI-6400XT («LICOR», США) при насыщающей интенсивности света 1600 мкМ/(м² с), температуре в камере – 23°C и влажности – 50%. Содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов) определяли спектрофотометрически на PD-303UV («APEL», Япония) при длинах волн 470, 647 и 663 нм после экстракции в 80% ацетоне и рассчитывали согласно Lichtenthaler [5]. Оценку степени микоризации корней орхидеи проводили согласно Селиванову [6].

Возраст растительного сообщества на НРУЗ около 35 лет. Лесной фитоценоз характеризуется сомкнутостью 0,5–0,6. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 20–25%. На другом исследуемом участке проводилась частичная биологическая рекультивация (в период 1968–1970 гг.), путем нанесения глины полосами

шириной 8–10 м и толщиной наносимого слоя – 15–20 см. Возраст сообщества – около 45 лет. Сомкнутость крон древесных – 0,6–0,7. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 35–40% [2].

Под влиянием рекультивационных мероприятий в зольном субстрате возрастало валовое содержание магния, кальция, калия, железа, цинка, марганца, меди, свинца и никеля. При этом доля подвижных форм от валового количества в большинстве случаев уменьшалась, что, вероятно, объясняется сорбционными свойствами глинистого грунта, используемого для нанесения полос [2]. Содержание Са и Mg было выше у растений из РУЗ (как в подземных, так и надземных органах), при этом по накоплению К наблюдалась обратная тенденция. Что касается аккумуляции у *L. ovata* тяжелых металлов, в большинстве случаев более высокий уровень был характерен для растений, колонизирующих НРУЗ. Для изученных популяций были выявлены сходные тенденции: металлы-макроэлементы в большем количестве накапливались в надземных органах, а тяжелые металлы – в подземных. Очевидно, этот факт можно объяснить тем, что у данного вида хорошо развито корневище и придаточные корни [4]. Аккумуляция металлов в подземных органах способствует также микориза. Исследование показало, что в клетках паренхимы корней у *L. ovata* находится большое количество пелотонов: частота встречаемости микоризной инфекции составляла 100%, а степень микотрофности достигала 98%.

Содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях *L. ovata*, произрастающей на РУЗ, было в 1,5 раза выше, чем на НРУЗ. Орхидеи, колонизирующие РУЗ, отличались также более высоким (в 1,4 раза) уровнем ассимиляции CO₂ (в расчете на площадь и на хлоропласт), в то время как при расчете на мг хлорофилла достоверных различий между участками не обнаружено.

Таким образом, под влиянием рекультивационных мероприятий снижались степень подвижности тяжелых металлов в зольном субстрате и их накопление в органах *L. ovata*. При этом наблюдалась активизация фотосинтетической функции, играющей особую роль в адаптации орхидеи к неблагоприятным условиям нарушенного местообитания.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-44-660011, и Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение 02.A03.21.0006).

Список литературы

1. Djordjević V., Tsiftsis S., Lakušić D., Stevanović V. // Plant Biosystems. 2014. Vol. 150(4). P. 710–719.
2. Малева М. Г., Борисова Г. Г., Филимонова Е. И. и др. // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 9(99). С. 88–94.
3. Филимонова Е. И., Лукина Н. В., Глазырина М. А. // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. Вып. 11. С. 68–75.
4. Kotlínek M., Tešitelová T., Jersáková J. // Journal of Ecology. 2015. Vol. 103. P. 1354–1366.
5. Lichtenthaler H. K. // Methods in Enzymology. 1987. Vol. 148. P. 350–382.
6. Селиванов И. А. Микосимбиотрофизм, как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 230 с.